

20. 8. 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 7 月 8 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 9 3 6 8 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 1 9 3 6 8 0]

出 願 人 財団法人神奈川科学技術アカデミー
Applicant(s): 株式会社放電精密加工研究所
 株式会社リコー

REC'D 10 SEP 2004

WIPO

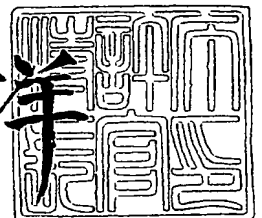
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 7 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 KP03-417
【提出日】 平成15年 7月 8日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G11B 7/12
G01N 13/10
G01N 13/14
G11B 7/135

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区豊町 6 - 2 1 - 5
【氏名】 大津 元一

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市旭区若葉台 4 - 2 8 - 9 0 5
【氏名】 興梠 元伸

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県大和市中央林間 3 - 1 4 - 7 ビラやなぎ 2 0 2 号
【氏名】 物部 秀二

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市青葉区美しが丘 1 - 1 0 - 1 4 - 1 0 6
【氏名】 八井 崇

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市都筑区川和町 6 4 7 株式会社放電精密
加工研究所内
【氏名】 山元 弘治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内
【氏名】 井口 敏之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

【氏名】 高田 将人

【特許出願人】

【識別番号】 591243103

【住所又は居所】 神奈川県川崎市高津区坂戸3丁目2番1号

【氏名又は名称】 財団法人神奈川科学技術アカデミー

【代表者】 藤嶋 昭

【特許出願人】

【識別番号】 000154794

【住所又は居所】 神奈川県厚木市飯山3110番地

【氏名又は名称】 株式会社放電精密加工研究所

【代表者】 二村 昭二

【特許出願人】

【識別番号】 000006747

【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号

【氏名又は名称】 株式会社リコー

【代表者】 桜井 正光

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光検出装置及び方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光を出射する光源と、

上記出射された光を伝搬させるコアを有する光ファイバの表面において、上記コアの中心部に射出開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブと、

上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記射出開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させる移動制御手段と、

上記被測定面からの戻り光を検出する検出手段とを備えること
を特徴とする光検出装置。

【請求項 2】 上記光源から出射される光の波長を制御する波長制御手段を更に備えること

を特徴とする請求項 1 記載の光検出装置。

【請求項 3】 上記波長制御手段は、上記光源から出射される光の波長を、上記遮光性被覆層の材質に基づいて決定された波長に制御すること

を特徴とする請求項 2 記載の光検出装置。

【請求項 4】 光を出射する光源と、

上記出射された光を伝搬させるコアを有する光ファイバの表面において、上記コア先端を遮光性被覆層で被覆した光ファイバプローブと、

上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記コア先端から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させる移動制御手段と、

上記被測定面からの戻り光を検出する検出手段とを備えること
を特徴とする光検出装置。

【請求項 5】 上記光源から出射される光の波長を、上記遮光性被覆層の材質

に基づいて決定された波長に制御する波長制御手段を更に備えることを特徴とする請求項 4 記載の光検出装置。

【請求項 6】 光源から光を出射し、
出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブのコアに上記出射された光を伝搬させ、

上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させ、

上記被測定面からの戻り光を検出すること
を特徴とする光検出方法。

【請求項 7】 上記光源から出射する光の波長を制御すること
を特徴とする請求項 6 記載の光検出方法。

【請求項 8】 上記光源から出射される光の波長を、上記遮光性被覆層の材質に基づいて決定された波長に制御すること
を特徴とする請求項 7 記載の光検出方法。

【請求項 9】 先ず上記コアを伝搬した伝搬光に基づくスポットが上記被測定面に形成され、次に上記出射開口から滲出した近接場光に基づくスポットが上記被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを移動させること
を特徴とする請求項 6 記載の光検出方法。

【請求項 10】 光源から光を出射し、
表面に遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブのコアに上記出射された光を伝搬させ、

上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記コア表面から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させ、

上記被測定面からの戻り光を検出すること
を特徴とする光検出方法。

【請求項 11】 上記光源から出射される光の波長を、上記遮光性被覆層の材質に基づいて決定された波長に制御すること

を特徴とする請求項 10 記載の光検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、近接場領域に発生する近接場光を利用して物性を測定する光学顕微鏡等に適用される光検出装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、微細加工技術の発展を基盤として、単一分子光メモリ、単一電子デバイスといったナノメートルサイズの微細構造を有する素子が実用化されようとしている。ナノメートルサイズの分解能を有する近接場光学顕微鏡は、上述した素子の開発或いは評価に欠かせない技術として注目されている。この近接場光学顕微鏡は、例えば試料からの発光或いは透過光の光強度、波長、偏光等を検出することにより、試料から得られる発光や透過光から試料の物性を知ることができる。

【0003】

近接場光学顕微鏡は、コアの周囲にクラッドが設けられた光ファイバの一端に先鋭化した上記コアを突出させた突出部を有し、当該突出部に例えば Au や Ag 等の金属により被覆された光プローブを備え、光の波長を超えた分解能を有する光学像を得ることができる。すなわち、かかる近接場光学顕微鏡を利用することにより、ナノメートル級の分解能で試料の微小領域における物性を測定することに加え、書き込みや読み出し等のメモリ操作、更には光加工等も行うことが可能となる。この近接場光学顕微鏡に用いられる上述の光プローブについては、既に開示されている（例えば特許文献 1, 2 参照。）。

【0004】

ちなみに、この近接場光学顕微鏡により試料の微小領域における物性を測定する場合には、試料表面の光の波長より小さい領域に局在するエバネッセント光を検出して試料の形状を測定する。そして、全反射条件下で試料に光が照射される

ことにより生じたエバネッセント光を上述した光プローブにより散乱させて散乱光に変換する。この変換された散乱光は、光プローブが形成されている突出部を通じて光ファイバのコアに導かれ、光ファイバのもう一方の出射端に接続された検出器により検出される。すなわちこの近接場光学顕微鏡は、突出部の設けられた光プローブにより散乱と検出の双方を行うことができる。

【0005】

【特許文献1】

特開平10-082792号公報

【特許文献2】

特開平11-271339号公報

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述の如き近接場光学顕微鏡は、高い分解能で測定ができるものの測定範囲が数十 μm と非常に狭いというデメリットがある。一方、通常の伝搬光を用いるレーザ顕微鏡は、広範囲の測定ができる一方で、近接場光学顕微鏡等と比較して分解能が劣るという問題点がある。

【0007】

また、近接場光学顕微鏡の分解能は、使用する光プローブの開口径により支配されるため、分解能を変えて物性測定を行う場合には、開口径の異なる低分解能の光プローブを近接場光学顕微鏡へ別途配設する必要がある。このため、近接場光を利用した高分解能の測定へ切り替える場合において、利用する光プローブを常時付け替える必要性が生じ、ユーザの過大な労力を解消することができず、物性測定を望む微小領域に対して既に合わせ込んだ光プローブの位置がずれてしまうという問題点もあった。

【0008】

そこで本発明は、上述した問題点に鑑みて案出されたものであり、装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を実現することができる光検出装置及び方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、上述した課題を解決するために、出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブ、或いは、上記コア先端を遮光性被覆層で被覆した光ファイバプローブのコアに出射された光を伝搬させ、被測定面に対して光ファイバプローブを近接離間する方向へ移動させ、或いは被測定面を光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させることにより、コアを伝搬した伝搬光或いは出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットを被測定面上に形成させ、当該スポットに基づく戻り光を検出することにより、装着された一つの光プローブにより伝搬光又は近接場光を利用した物性測定を実現することができる光検出装置及び方法を発明した。

即ち、本発明を適用した光検出装置は、光を出射する光源と、上記出射された光を伝搬させるコアを有する光ファイバの表面において、上記コアの中心部に出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブと、上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させる移動制御手段と、上記被測定面からの戻り光を検出する検出手段とを備える。

また本発明を適用した光検出装置は、光を出射する光源と、上記出射された光を伝搬させるコアを有する光ファイバの表面において、上記コア先端を遮光性被覆層で被覆した光ファイバプローブと、上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記コア先端から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプローブを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させる移動制御手段と、上記被測定面からの戻り光を検出する検出手段とを備える。

【0010】

即ち、本発明を適用した光検出方法は、光源から光を出射し、出射開口が設け

られるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプロープのコアに上記出射された光を伝搬させ、上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプロープを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプロープに対して近接離間する方向へ移動させ、上記被測定面からの戻り光を検出する。

【0011】

また本発明を適用した光検出方法は、光源から光を出射し、表面に遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプロープのコアに上記出射された光を伝搬させ、上記コアを伝搬した伝搬光或いは上記コア表面から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットが被測定面に形成されるように、上記光ファイバプロープを上記被測定面に対して近接離間する方向へ移動させ、或いは上記被測定面を上記光ファイバプロープに対して近接離間する方向へ移動させ、上記被測定面からの戻り光を検出する。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

【0013】

本発明は、例えば図1に示すような光検出装置1に適用される。この光検出装置1は、例えば試料の微小領域における物性を測定する近接場光学顕微鏡等に適用され、光を出射する光源11と、光源11から出射された光の光路中に配された偏光ビームスプリッタ12と、偏光ビームスプリッタ12を透過した光の光路中に配された1/4波長板18と、1/4波長板18を通過した光を集光して試料2における被測定面2aへ照射する光プロープ13と、被測定面2aからの戻り光を検出する光検出器14とを備えている。

【0014】

光源11は、図示しない電源装置を介して受給した駆動電源に基づき光を発振し、後述する各測定モードに応じて出射する光の波長を切り換えることができる光波長変換部17が接続されている。

【0015】

偏光ビームスプリッタ12は、光源11から出射された光を透過させて、被測定面2aへ導くとともに、被測定面2aからの戻り光を反射させて光検出器14へ導く。この偏光ビームスプリッタ12を透過した光は、1/4波長板18へ入射される。

【0016】

ちなみに、この偏光ビームスプリッタ12の代替として、通常のビームスプリッタを用いてもよい。

【0017】

1/4波長板18は、通過する光に $\pi/2$ の位相差を与えるものである。光源11から出射された直線偏光の光は、1/4波長板18を通過して円偏光となり、そのまま光プローブのコア31へ入射される。また被測定面2aを反射して戻ってくる円偏光の光は、この1/4波長板18を通過した場合に、光源から出射された光の偏光方向と異なる直線偏光となるため、上述した偏光ビームスプリッタ12を反射することになる。

【0018】

光プローブ13は、光導波部21と、突出部22とを備えている。光導波部21は、コア31の周囲にクラッド32が設けられた光ファイバより構成される。コア31及びクラッド32は、それぞれSiO₂系ガラスからなり、F、GeO₂、B₂O₃等を添加することにより、コア31よりもクラッド32の屈折率が低くなるように組織制御されている。

【0019】

突出部22は、光導波部21の一端においてクラッドから突出させたコア20aより構成されている。この突出させたコア20aは、図1に示すように先端部13に至るまで徐々に先細になるような勾配が設けられて構成される。この突出させたコア20aの中心部には出射開口Dが設けられている。出射開口Dの直径tは、伝搬モード、透過屈折率、更には光効率に基づいて決定される。

【0020】

また、この光プローブ13は、コア31を伝搬する光（以下、伝搬光という）

を出射開口Dを介して出射する。この出射された伝搬光は、距離 h が、光源から出射される光の波長 $\lambda/4$ より大きい場合において、被測定面2a上に照射されることになる。この伝搬光を利用して被測定面2aを測定する場合につき、以下、広範囲測定という。

【0021】

また光プローブ13において、出射開口Dの端面からエバネッセント波としての近接場光が滲み出す。この滲み出した近接場光は、出射開口Dと被測定面2aの距離 h が、光源から出射される光の波長 $\lambda/4$ 以下にある場合において、この被測定面2a上に照射されることになる。この近接場光を利用して被測定面2aを測定する場合につき、以下、高分解能測定という。

【0022】

なお、この広範囲測定と高分解能測定の分類については、上述のモード間干渉型の光の波長に対する距離 h の関係に基づき分類する場合に限定されるものではなく、例えば出射開口Dに対する距離 h の関係に基づき分類してもよい。このとき、距離 h が出射開口D以内である場合に高分解能測定とし、また距離 h が出射開口Dより大きい場合に広範囲測定としてもよい。

【0023】

ちなみに光プローブ13を構成する光ファイバの表面には、突出させたコア20aの中心部に光出射開口Dが設けられるように、遮光性被覆層33が形成されている。この遮光性被覆層33は、例えばAu、Ag、Al等の遮光性材料からなる薄膜より構成され、外気との接触による酸化促進を抑えるべく、化学的安定性を有するAuを特に用いるようにしてもよい。

【0024】

なお、この光プローブ13は、更にプローブ制御部15に装着されている。このプローブ制御部15は、例えば2軸アクチュエータ等により構成され、光プローブ13を被測定面2aに対して近接離間する方向に移動させ、或いは水平方向に走査させる。なお、このプローブ制御部15は、光プローブ13を被測定面2aに対して近接離間する方向に移動させる代わりに、被測定面2aを光プローブ13に対して近接離間する方向へ移動させてもよい。

【0025】

光検出器 14 は、被測定面 2 a からの戻り光を受光して光電変換することにより、輝度信号を生成する。この光検出器 14 により生成された輝度信号を基に作成した画像は、図示しないディスプレイ上に表示される。ユーザは、図示しないディスプレイ上に表示される画像に基づき、被測定面 2 a の詳細を測定、観察することができる。

【0026】

このような構成からなる光検出装置 1 において、光源 11 から出射された直線偏光成分を有する波長 λ の光は、偏光ビームスプリッタ 12 を透過し、 $1/4$ 波長板 18 により偏光成分を制御された上で、光プローブ 13 へ入射される。光プローブ 13 に入射された光は、そのままコア 31 内を伝搬する。

【0027】

プローブ制御部 15 は、高分解能測定時において、例えば図 2 (a) に示すように、上記距離 h が波長 $1/4 \lambda$ 以下となる領域（以下、近接場領域という）に光プローブ 13 を近接方向に移動させる。その結果、出射開口 D の端面から滲み出した近接場光は、被測定面 2 a 上に照射され、近接場光による微小なスポットが形成されることになる。

【0028】

一方、プローブ制御部 15 は、広範囲測定時において、例えば図 2 (b) に示すように、上記距離 h が波長 $1/4 \lambda$ より大きくなるように光プローブ 13 を離間方向に移動させる。これによりコア内を伝搬する伝搬光がそのまま出射されて被測定面 2 a 上へ照射され、伝搬光による大きなスポットが形成されることになる。

【0029】

ちなみに、この被測定面 2 a を反射した伝搬光又は近接場光はそれぞれ出射開口 D を介して再び光プローブ 13 へ入射し、コア 31 内を伝搬する。そしてこのコア 31 を出射した伝搬光又は近接場光は、偏光ビームスプリッタ 12 により反射されて光検出器 14 へ導かれる。光検出器 14 へ導かれた伝搬光又は近接場光は、ユーザによる測定を実現すべく、それぞれ輝度信号に変換されることになる。

。

【0030】

このユーザは被測定面 2 a 上に形成された伝搬光によるスポットに基づく画像、或いは近接場光によるスポットに基づく画像を図示しないディスプレイを介して視認することが可能となる。

【0031】

即ち、本発明を適用した光検出装置 1 では、装着された一つの光プローブ 1 3 を被測定面 2 a に対して近接離間する方向に移動させることにより、伝搬光によるスポット又は近接場によるスポットを選択的に切り替えて被測定面 2 a 上に形成させることができるため、一つの光プローブ 1 3 により、伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を実現することができる。

【0032】

これにより、近接場光を利用した光分解能測定を実現し得る測定システムに、広範囲測定のみを使用する光プローブを別途配設する必要がなくなり、装置規模の小型化を図ることが可能になり、ひいては製造コストを大幅に削減することが可能となる。また広範囲測定から高分解能測定へ測定モードを切り換える際に、利用する光プローブを付け替える必要がなくなり、ユーザの過大な労力を解消することができる。

【0033】

なお、この光検出装置 1 では、先ず光プローブ 1 3 を被測定面 2 a に対して離間方向に移動させて、伝搬光を被測定面 2 a 上へ照射することにより、広範囲測定を実行し、次に光プローブ 1 3 を被測定面 2 a に近接させて近接場光を照射することにより、高分解能測定を実行するようにしてもよい。

【0034】

これにより、先ず広範囲測定時において試料表面を広範囲に亘りスキャンすることにより通常の光学顕微鏡と同様の原理で全体観察し、次に、より詳細な物性測定を望む微小領域を特定した上で、当該領域へ光プローブ 1 3 を水平方向へ走査させて位置合わせを行い、上述の如き近接場光を利用した高分解能測定を実行することが可能となる。

【0035】

特にこの広範囲測定において、伝搬光による物性測定を行う場合、光プローブ 13 の被測定面 2 a に対する高さを一定にすることができるため、かかる測定中において近接離間方向への制御が不要となる結果、より高速な測定が可能となり、更には近接離間への制御帯域の観点において制約を少なくすることができるという利点がある。また、近接場光を用いる高分解能測定と比較して、一点あたりの測定範囲が広く、低分解能となるため、同じ測定点数において広範囲の測定を実現することができる。

【0036】

また、特に装着された一つの光プローブ 13 により、伝搬光と近接場光の 2 種類のスポットを被測定面 2 a 上に形成可能な光検出装置 1 では、光プローブの付け替えを省略することができるため、広範囲測定時において微小領域に対して既に合わせ込んだ光プローブ 13 の位置が、高分解能測定時においてずれることがなくなる。

【0037】

特にこの被測定面 2 a 上に形成される 2 種類のスポットの大きさが互いに異なることを利用して、狭い視野の高分解能測定像と広い視野の広範囲測定像を光プローブを付け替えることなく取得することができる。

【0038】

なお、本発明を適用した光検出装置 1 では、出射開口 D からの距離 d に応じた光プロファイルが各波長で異なることを利用し、更に光源 11 から出射される光の波長を制御することにより各種測定を実行するようにしてもよい。

【0039】

図 3 は、光源 11 から出射される光の波長 λ が 830 nm である場合における光プロファイルを示している。この図 3 に示すように、出射開口 D からの距離 d ($=750$ nm) における光プロファイルは、近接場領域における光プロファイルと比較してなだらかになっている。また、出射開口 D からの距離 d ($=750$ nm) における光のスポット径は、近接場領域における光のスポット径と比較して 1.5 倍に拡大している。

【0040】

図4は、光源11から出射される光の波長 λ が680nmである場合における光プロファイルを示している。この図4に示すように、近接場領域における光プロファイルは、ツインピークとなっているのに対し、出射開口Dからの距離dが増加するに従ってシングルピークへと変化する。

【0041】

上述のように光プロファイルが変化する理由としては、遮光性被覆膜層33として適用するAu、Ag、Al等の遮光性材料の透過率が波長毎に異なることや、光プローブ13におけるコア31内部においてモード間干渉が発生していること等が挙げられる。

【0042】

即ち、本発明を適用した光検出装置1では、上述した光プロファイルの各波長間における差異を利用し、図5に示すように、光源11から出射される光の波長 λ を光波長変換部17により広範囲測定時と高分解能測定時との間で切り替える。例えば、この図5に示すように、高分解能測定時において光源11から出射する光の波長を830nmとすることにより、近接場領域において中央部分が先鋭化された光プロファイルが形成されることになり、出射開口Dから近接場光を効率よく滲出させることができる。

【0043】

また、広範囲測定時において光源11から出射する光の波長を680nmとすることにより、距離d(=600nm)においてスポット径の大きいシングルピークの光プロファイルが形成されることになる。これにより広範囲測定時において、コア31内を伝搬する伝搬光を効率よく被測定面2aへ照射させることができる。

【0044】

即ち、本発明を適用した光検出装置1では、形成される光プロファイルの波長依存性を利用して、各種測定を実行することができる。これにより、装着された一つの光プローブ13におけるコア31内に伝搬させる光の波長を制御することにより、近接場光によるスポット、又は伝搬光によるスポットを被測定面2a上

に効率よく形成させることができ、伝搬光を利用した広範囲測定と、近接場光を利用した高分解能測定の双方を1つの光プローブ13により効率よく実現することができる。

【0045】

また、この光検出装置1では、光プローブ13における出射開口Dの直径hを必要に応じて調整するようにしてもよい。

【0046】

図6は、出射開口Dの直径tに対する光プロファイルの関係を示している。この図6に示すように、出射開口Dの直径tを $2.0\ \mu\text{m}$ とした場合における光プロファイルは、検出位置 $0\ \mu\text{m}$ を中心としたピークを有することになる。また出射開口Dの直径tを $1.4\ \mu\text{m}$ とした場合には、検出位置 $0\ \mu\text{m}$ を挟んで二つのピークが形成されるが、光強度の最大値は、直径tが $2.0\ \mu\text{m}$ の場合と比較して大きくなっている。

【0047】

また、出射開口Dの直径tを $1.0\ \mu\text{m}$ とした場合には、検出位置 $0\ \mu\text{m}$ に位置するピークと、検出位置 $\pm 0.5\ \mu\text{m}$ に位置するピークとを有する光プロファイルとなる。この光プロファイルによれば、検出位置 $0\ \mu\text{m}$ に位置するピークの光強度の最大値に対して、検出位置 $\pm 0.5\ \mu\text{m}$ に位置するピークの光強度の最大値は小さくなっている。なお、検出位置 $0\ \mu\text{m}$ に位置するピークの半値幅は、 $150\ \text{nm}$ 程度となる。ちなみに、出射開口Dの直径tが $550\ \text{nm}$ であるときには、光出射開口Dの直径tが $1.0\ \mu\text{m}$ である場合よりも弱いピークのみ有するプロファイルとなる。

【0048】

この図6に示す光プロファイルの關係に基づき、光検出装置1に適用する光プローブ13の出射開口Dにつき、直径tを最適化して構成することができる。また、光プロファイルにおける出射開口Dに対する依存性を考慮しつつ、コア31内に伝搬させる光の波長を制御することにより、広範囲測定時において伝搬光によるスポットを、また高分解能測定時において近接場光によるスポットを被測定面2a上に形成させることができる。

【0049】

特に光検出装置 1 に適用する光プローブ 13 では、 $0.9\mu\text{m}$ 以上の直径 t かなる出射開口を設けることも可能である。これにより、被測定面 2a を反射する戻り光の多くが出射開口 D へ入射されることになり、特に距離 h が長くなる広範囲測定時において光検出器 14 における受光光量の低下を抑えることができ、光電変換して得られる輝度信号の S/N 比を改善することができる。

【0050】

なお、本発明を適用した光検出装置 1 では、あくまでの突出させたコア 20a の中心部には出射開口 D が設けられている光プローブ 13 を配設する場合を例にとり説明をしたが、かかる場合に限定されるものではない。例えば図 7 に示すように、突出させたコア 20a 全面に遮光性被覆層 33a を形成することにより出射開口を設けない構成とした光プローブ 43 を配設するようにしてもよい。かかる構成において、コア 31 を伝搬する光は、遮光性被覆層 33a を透過することにより被測定面 2a 側に出射し、また被測定面 2a から入射された光は、遮光性被覆層 33a を透過してコア 31 へ導かれることになる。

【0051】

このとき、光源から出射する光の波長として、遮光性被覆膜 33a の材質に対して透過性の高い波長、又は透過性の低い波長の何れかを測定対象に応じて選択するようにしてもよい。これにより、光利用効率の向上を図ることが可能となる。なお、かかる場合における広範囲測定と高分解能測定の分類については、例えば突出されたコア先端 20a の曲率半径に対する距離 h の関係に基づき分類してもよい。このとき、距離 $h \geq$ コア先端 20a の曲率半径、である場合に広範囲測定とし、また距離 $h <$ コア先端 20a の曲率半径、である場合に高分解能測定としてもよい。

【0052】

また、上述した光プローブ 13、43 の形状、遮光性被覆膜層 33 の材質はいかなるものであってもよい。即ち、被測定面 2a 上に形成させるスポットの形状や大きさに応じて、配設する光プローブ 13、43 の形状、材質を、上述した波長との関係において決定するようにしてもよい。

【0053】

また、本発明を適用した光検出装置 1 は、上述した実施の形態に限定されるものではなく、例えば図 8 に示すような光検出装置 8 に適用してもよい。この光検出装置 8 において、光検出装置 1 と同一の構成要素、部材に関しては、同一の番号を付して説明を省略する。

【0054】

この光検出装置 8 は、光を出射する光源 11 と、光源 11 から出射された光のスポット径を制御する光結合光学系 53 と、入射される光を分岐するファイバカプラー 51 と、ファイバカプラー 51 からの光を集光して試料 2 における被測定面 2a へ照射する光プローブ 13 と、光プローブ 13 に対して試料 2 を近接離間する方向へ移動させる Z 軸ステージ 9 と、被測定面 2a からの戻り光を検出する光検出器 14 と、ファイバカプラーにより分岐された光をモニタリングするためのモニタ用パワーメータ 52 とを備えている。

【0055】

ファイバカプラー 51 は、光源から出射された光を、光プローブ 13 と、モニタ用パワーメータ 52 とに分岐させるための機器であり、例えば両者に対して 50% : 50% に分岐する 2 対 2 のファイバカプラーを用いた場合、光路 p から入射された光は、光路 r、s から各々 50% ずつ出射されることになる。光路 s から出射される光の強度をモニタ用パワーメータ 52 より検出し、検出した光の強度を基準として、光源 11 と、ファイバカプラー 51 における光路 p に対する端面との距離を調整することにより、導光効率を調整することができる。また、光プローブ 13 から出射される近接場光の強度を調整、推定することも可能となる。

【0056】

上述した調整を完了させた後、光検出装置 1 と同様に光プローブ 13 を用いて、滲出させた近接場光によるスポットを被測定面 2a 上に形成させる。また被測定面 2a から光プローブ 13 への戻り光は、ファイバカプラー 51 を通過する際において、その強度が 50% : 50% となるように分割され、一部は光検出器 14 により検出されることになる。これにより、光検出装置 1 と同様の測定が実現

されることになる。

【0057】

ちなみに、この光検出装置 8 では、ファンクションジェネレータ (F G) 58 を用いて光源 11 に周波数変調をかけ、ロックインアンプ (L I A) 59 を用いてその周波数成分のみを検出することにより、外乱光を除去するようにしてもよいことは勿論である。

【0058】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明を適用した光検出装置及び方法は、出射開口が設けられるように遮光性被覆層が形成されてなる光ファイバプローブ、或いは、上記コア先端を遮光性被覆層で被覆した光ファイバプローブのコアに出射された光を伝搬させ、被測定面に対して光ファイバプローブを近接離間する方向へ移動させることにより、或いは上記被測定面を上記光ファイバプローブに対して近接離間する方向へ移動させることにより、コアを伝搬した伝搬光或いは出射開口から滲出した近接場光の何れかに基づくスポットを被測定面上に形成させ、当該スポットに基づく戻り光を検出する。

【0059】

これにより、装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した測定と、近接場光を利用した測定を選択的に切り替えて実現することができる。このため、近接場光を利用した光分解能測定を実現し得る測定システムに、広範囲測定のみ使用する光プローブを別途配設する必要がなくなり、装置規模の小型化を図ることが可能になり、ひいては製造コストを大幅に削減することが可能となる。また広範囲測定から高分解能測定へ測定モードを切り換える際に、利用する光プローブを付け替える必要がなくなり、ユーザの過大な労力を解消することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明を適用した光検出装置の構成例を示す図である。

【図 2】

広範囲測定並びに高分解能測定につき説明するための図である。

【図 3】

光源から出射される光の波長 λ が 830 nm である場合における光プロファイルを示す図である。

【図 4】

光源から出射される光の波長 λ が 680 nm である場合における光プロファイルを示す図である。

【図 5】

光源から出射される光の波長 λ を広範囲測定時と高分解能測定時との間で切り替える場合につき説明するための図である。

【図 6】

出射開口 D の直径 t に対する光プロファイルの関係を示す図である。

【図 7】

出射開口を設けない構成とした光プローブにつき説明するための図である。

【図 8】

本発明を適用した光検出装置の他の構成例を示す図である。

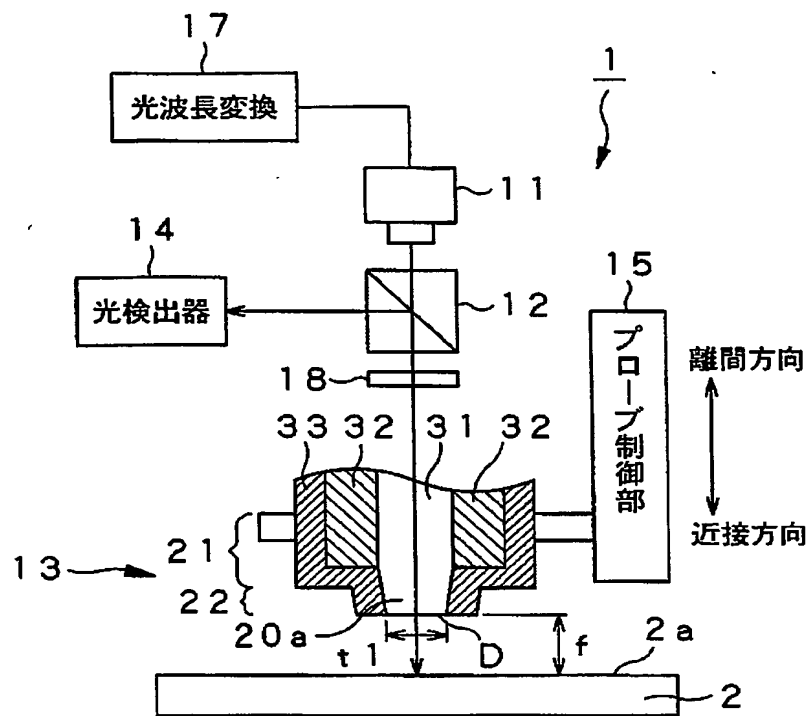
【符号の説明】

1 光検出装置、11 光源、12 偏光ビームスプリッタ、13 光プローブ、14 光検出器、15 プローブ制御部、17 光波長変換部、18 1/4 波長板

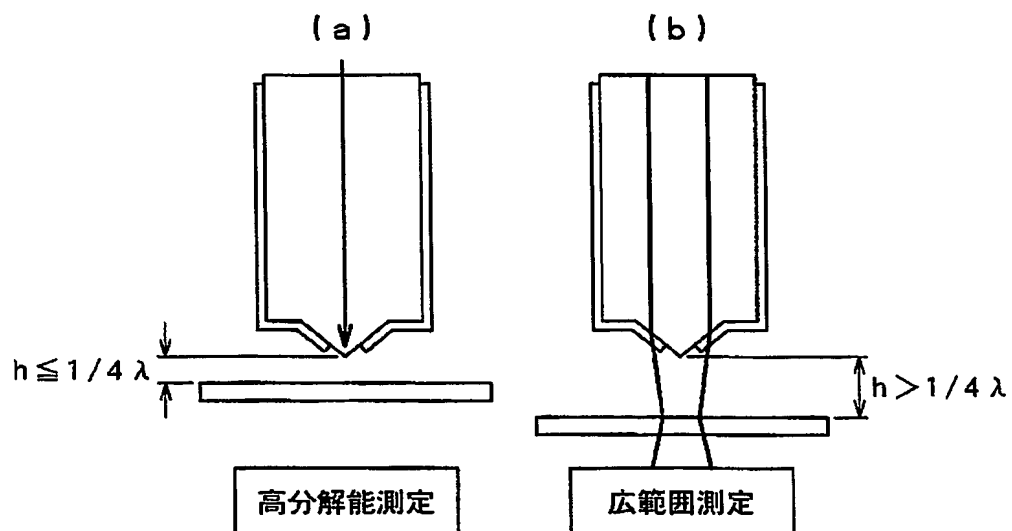
【書類名】

凶面

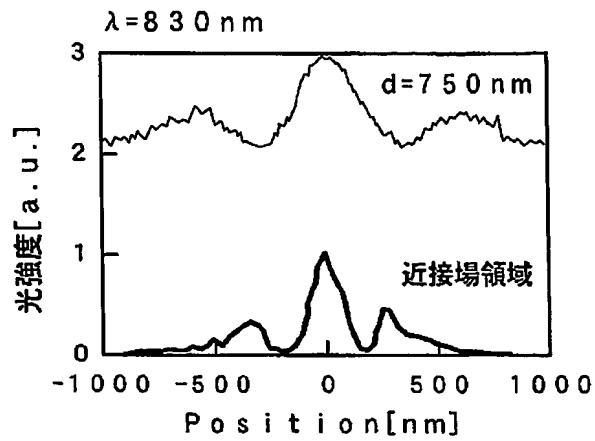
【図 1】



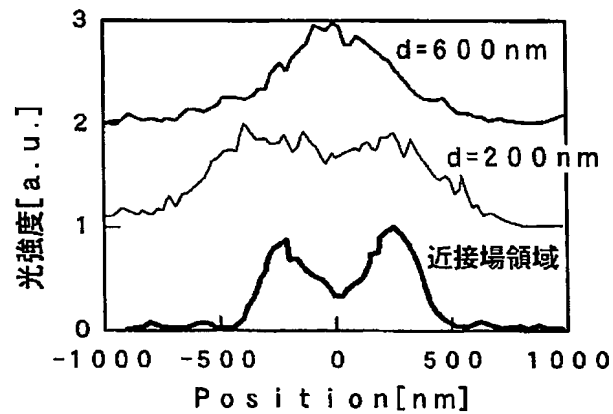
【図 2】



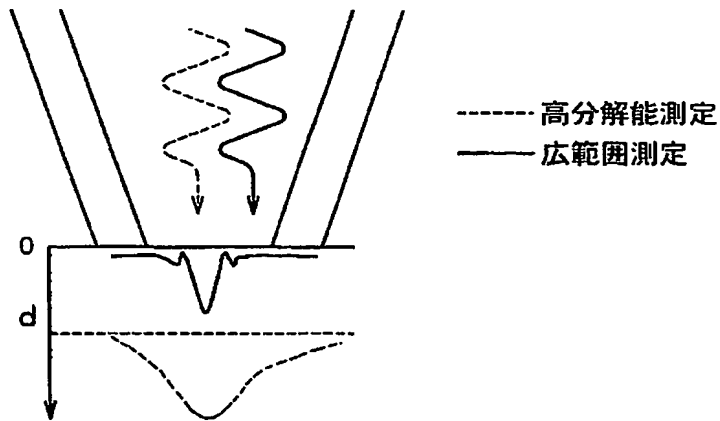
【図 3】



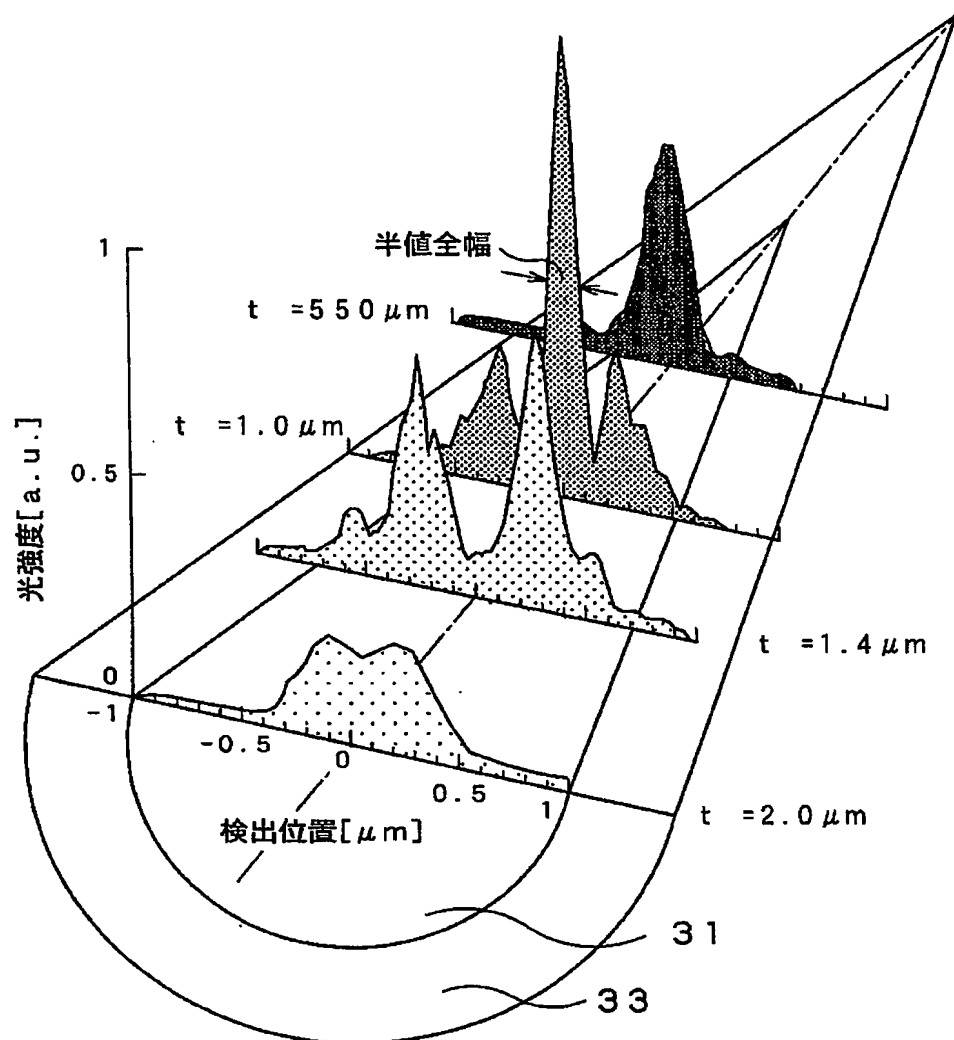
【図 4】



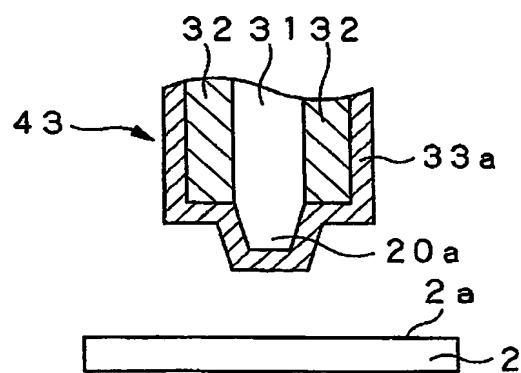
【図 5】



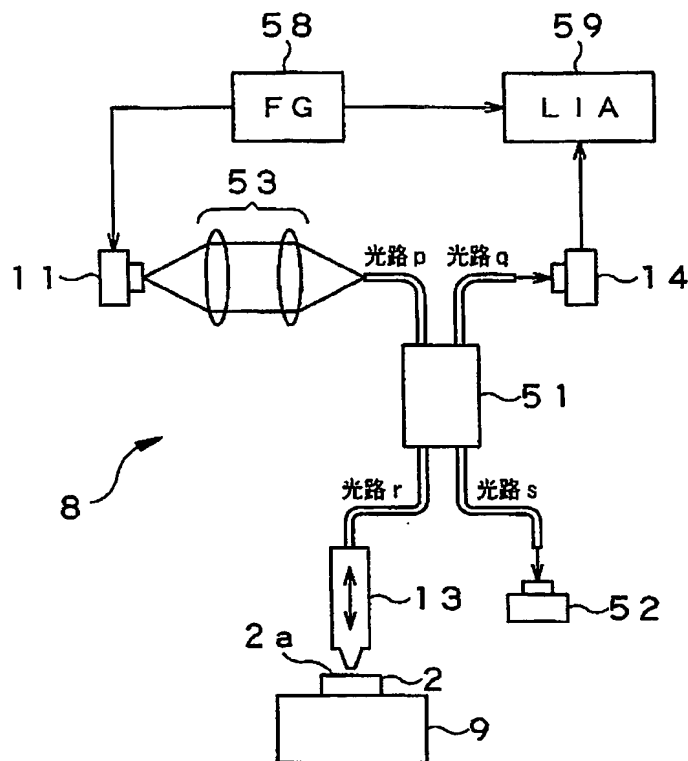
【図6】



【図7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 装着された一つの光プローブにより、通常の伝搬光を利用した広範囲測定と近接場光を利用した高分解能測定の双方を実現する。

【解決手段】 出射開口Dが設けられるように遮光性被覆層33が形成されてなる光ファイバプローブ13、或いは、コア31先端を遮光性被覆層33で被覆した光ファイバプローブ13のコア31に出射された光を伝搬させ、被測定面2aに対して光ファイバプローブ13を近接離間する方向へ移動させることにより、コア31を伝搬した伝搬光或いは出射開口Dから滲出した近接場光の何れかに基づくスポットを被測定面上2aに形成させ、当該スポットに基づく戻り光を検出する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 9 3 6 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 9 1 2 4 3 1 0 3]

1. 変更年月日	1 9 9 3 年 5 月 1 7 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県川崎市高津区坂戸 3 丁目 2 番 1 号
氏 名	財団法人神奈川科学技術アカデミー

特願 2 0 0 3 - 1 9 3 6 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 5 4 7 9 4]

1. 変更年月日	2 0 0 0 年 1 1 月 2 8 日
[変更理由]	住所変更
住 所	神奈川県厚木市飯山 3 1 1 0 番地
氏 名	株式会社放電精密加工研究所

特願 2 0 0 3 - 1 9 3 6 8 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 6 7 4 7]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 5 月 1 7 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号

氏 名

株式会社リコー